



技術詳細資料

本資料では、株式会社人機一体のロボット開発コンセプトや保有するコア技術の詳細について記載します。

一 人機とは

人間機械相乗効果器、すなわち「人機」とは、金岡博士が提唱する先端ロボット工学技術の社会実装コンセプトであり「人間のみ、あるいは機械のみでは実現できない機能を、人間と機械の相乗効果（マンマシンシナジー）によって実現する効果器」の総称です。

一 人機の開発コンセプト

① 自動化のハードルが高い現場での活用

人機一体が開発する重機は、原則として全て「人機」であり、人が操作することで、自動自律型のロボットでは対応できない現場（未知環境下での非定型作業）で活用することをコンセプトとしています。

② 専用機ではなく汎用機

ハードウェア型のディープテックである「人機」を社会に普及させるためには、ニッチ市場における一プロダクトではなく、産業としてのエコシステムをビジネスとして成立させる必要があります。そのため、一つの作業に特化した専用機ではなく、ワーショベルやクレーンなどの建設機械（重機）のように多種多様な作業に対応できる汎用機をコンセプトとしています。

一 人機一体のコア技術

① 力順送型バイラテラル制御（カテゴリ：パワー増幅バイラテラル制御技術）

操作者が操作機を介して作業機を操るために、操作者が操作機に加えた力を作業機の手先の駆動力とし、作業機の位置姿勢情報が操作機にフィードバックされる制御方式を採用しています。これにより自らの身体の延長のように直感的な操作が可能となります。本技術の実装により、操作者の安全と作業機の大出力を両立し、作業機は人の身体の性能に制限されず、生身では扱えない大出力を発揮し、さらに巧緻な作業を行なうことができます。



② プロクシペースト・アドミタンス制御（カテゴリ：力・トルク制御技術）

ソフトウェアによって、高減速比・高バックドライバリティ・高耐衝撃性の両立を実現可能な制御技術です。アクチュエータ（減速機）の出力端に取り付けられたロードセルやトルクセンサと本制御技術の実装により、モータや減速機などに摩擦や慣性などの未知の機械特性があっても、緻密な力制御が可能です。また、外部から過大な力が加わっても機械クラッチなしで過負荷を逃がすことができます。

これにより、高重量を扱えるだけの出力を持つロボットでありながら、硬い物体に接触しても物体の破損または自身の故障を回避・軽減することができます。

③ ハイブリッド・オートバランス制御（カテゴリ：力・トルク制御技術）

現在、多くの研究における二足歩行技術は位置制御ベースです。位置制御ベースでは、ロボットが動作する路面状況など外界情報の精密な計測と、それに基づく事前の歩行計画（軌道計画）が必須となり、「未知環境下での非定型作業」は現実的に遂行困難、もしくは可能となったとしてもコンピュータによる高負荷の演算処理が必要となります。

人機一体は、歩行計画のような上位の制御をコンピュータではなく人間の操作に任せ、バランス維持のような下位の制御をコンピュータに任せ、これらを力制御ベースで統合（重ね合わせ）しています。つまり、人間の操作に頼らず自律的にバランス維持する「オートバランス制御」を力制御ベースのハイブリッド制御として実現し、人間による直感的で自在な操作を可能とする「力順送型バイラテラル制御」を力制御ベースでさらに統合しています。

これにより、事前に路面状況を把握することができない未知環境下であっても人間の操作によりロボットを移動し、瓦礫の上など不安定な足場であっても安定的に非定型作業を遂行することができます。さらにはモビリティにとどまらない人間の下肢のスキルを、ロボットの脚部に反映することが可能となります。



④ 付加製造技術

ロボット重機のフレームやアクチュエータなどの機械装置の開発において、カーボンファイバーを含有する樹脂を活用した独自の3Dプリント部品を造形しています。機械工学の知見に基づく素材の特性を活かしたユニット設計や、3Dプリント部品と金属部品とのハイブリッド構造などを駆使することで、① 高負荷に耐えうる強度、② 機構が円滑に動作するための精度、③ 機械が大型化しても必要十分な出力を発揮するための軽量化を実現します。

これにより、高重量物を扱い、耐衝撃性が必要となる重機ロボットの機構開発が可能となります。なお、零一式カレイド ver.1.1 の頭部と足部は、人機一体の3Dプリント技術を用いて造形した部品です。



― 零一式カレイド ver.1.1 について

① 川崎重工業のヒューノイドロボット「Kaleido（カレイド）」

「Kaleido（カレイド）」は、川崎重工業株式会社（以下「川崎重工業」）が研究開発を行なっているヒューノイド（人型）ロボットです。身長約 180 cm、体重 85 kg という人間サイズで、「転んでも壊れない」堅牢な構造が特徴であり、災害救助や建築などの現場での実用を目指した開発が行なわれています。

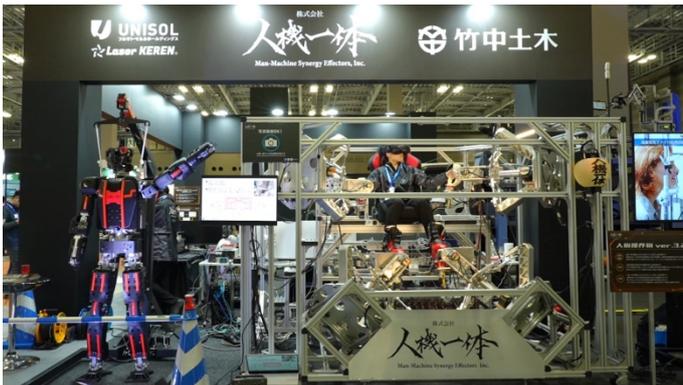
出典：川崎重工業「PROJECT Kaleido - PROJECT Kaleido 公式サイト」

② 零一式カレイドと Kaleido の違い

「零一式カレイド」とは、「Kaleido」のハードウェアをベースに人機一体独自の操作システムを含む力制御技術を統合したロボットの総称です。2023 年 11 月から、上半身のみ力順送型バイラテラル制御を実装したモデル「**零一式カレイド ver.1.0**」の開発を始め、2023 国際ロボット展では、その成果として上半身の操作デモンストレーションを実施しました。外装は人機一体をイメージした黒とオレンジのカラーリングにしているほか、3D プリンタにより造形した頭部および足部を搭載していますが、それ以外は「Kaleido」の機構、機械的性質、および性能のままとなっています。

その後、下半身への力制御技術の実装を開始し、その成果としてハイブリッド・オートバランス制御を実装したモデル「**零一式カレイド ver.1.1**」を今回発表しました。本実装は、広島大学機械力学研究室（菊植亮教授）との共同研究によるものです。

また、零一式カレイド ver.1.1 では、不安定な足場でもバランスを維持しやすいように人機一体独自の構造を採用した足部に付け替えているほか、2本指ハンド（市販品）を両腕に装着しています。



▲ 左：零一式カレイド ver.1.0（上半身のみへの制御実装モデル）
右：人機操作機 ver.3.2



▲ 人機一体 独自の足部機構

② 零一式カレイド ver.1.1 のサイズ

全長：210 cm（直立時）

横幅：71 cm（直立時）

重量：約 88 kg

― 今後の展望

今回発表した零一式人機および一零式人機のコンセプト・スケッチをベースに、インダストリアルデザインとしてブラッシュアップされたヒューノイドタイプの全身人型重機を開発します。また、今回はオートバランス制御としては下位の実装にとどまった「ハイブリッド・オートバランス制御」についても改良を進め、ハードウェア・ソフトウェアの両面から、インフラメンテナンスの現場への人型重機の社会実装を進めてまいります。



電子データは左記 QR コードを御参照ください。